

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-58135

(P2004-58135A)

(43) 公開日 平成16年2月26日(2004.2.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B23K 20/12

F1

B23K 20/12 364

B23K 20/12 344

テーマコード(参考)

4E067

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2002-223594 (P2002-223594)  
(22) 出願日 平成14年7月31日(2002.7.31)

(71) 出願人 000003137  
マツダ株式会社  
広島県安芸郡府中町新地3番1号  
(74) 代理人 100077931  
弁理士 前田 弘  
(74) 代理人 100094134  
弁理士 小山 廣毅  
(74) 代理人 100110939  
弁理士 竹内 宏  
(74) 代理人 100110940  
弁理士 嶋田 高久  
(74) 代理人 100113262  
弁理士 竹内 祐二  
(74) 代理人 100115059  
弁理士 今江 克実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接合方法及び接合ツール

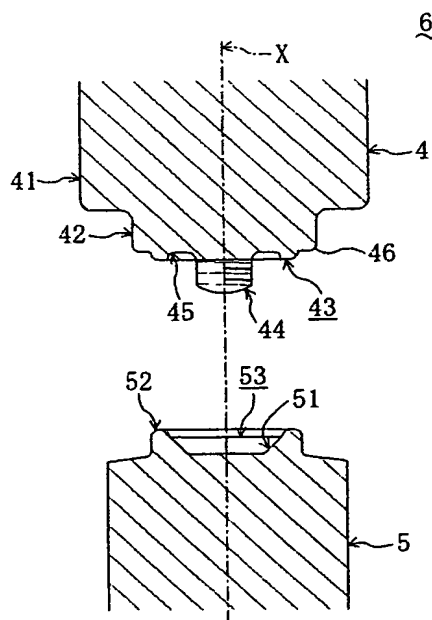
(57) 【要約】

【課題】 第1及び第2ツール4、5からなる接合ツール6の少なくとも一方のツールを回転させながら、厚み方向に重ねられた複数の板材W1、W2からなるワークWを挟み込んで、ワークWを点状に接合する接合方法において、接合部分の強度を向上させる。

【解決手段】 第1ツール4には、先端面43から接合軸Xに沿って突出するピン44を設け、第2ツール5には、先端面53で接合軸Xに沿って窪んだ窪み51を設ける。第1ツール4のピン44と第2ツール5の窪み51とによって、軟化させたワークWの重ね面W3を接合軸X方向にかしめると共に、ワークW内に塑性流動を発生させて重ね面W3付近を攪拌する。

【選択図】

図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合する接合方法であって、上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで配設された第1ツールと第2ツールとからなる接合ツールであって、該第1ツールの先端面から上記接合軸に沿って突出するピンと、上記第2ツールの先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みとを有する接合ツールを用い、  
上記第1及び第2ツールのいずれか一方又は双方を上記接合軸回りに回転させながら、上記接合ツールで上記ワークを接合軸方向に挟み込んで押圧することにより、該接合ツールの先端部分を上記ワーク内に沈み込ませる第1工程と、  
上記接合ツールの回転によって発生した摩擦熱で軟化させたワークの上記重ね面を、上記第1ツールのピンと第2ツールの窪みとによって、上記接合軸方向にかしめる第2工程と、  
上記接合ツールの回転によって上記ワーク内に塑性流動を発生させて、該ワークの重ね面付近を攪拌する第3工程と、  
上記接合ツールを上記ワーク内から引き抜く第4工程とを含む  
ことを特徴とする接合方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、

第1ツールの先端面においてピンを囲むように形成された環状の凹溝を有する接合ツールを用いる

ことを特徴とする接合方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 において、

第2ツールの先端面において窪みを囲むように形成された環状の凸部を有する接合ツールを用いる

ことを特徴とする接合方法。

## 【請求項 4】

厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合する接合方法であって、

上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで配設された第1ツールと第2ツールとからなる接合ツールであって、該第1ツールの先端面から上記接合軸に沿って突出するピン及び該先端面において該ピンを囲むように形成された環状の凹溝と、  
上記第2ツールの先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪み及び該先端面において該窪みを囲むように形成された環状の凸部とを有する接合ツールを用い、

上記第1及び第2ツールのいずれか一方又は双方を上記接合軸回りに回転させながら、上記接合ツールで上記ワークを接合軸方向に挟み込んで押圧することにより、該接合ツールの先端部分を上記ワーク内に沈み込ませる第1工程と、

上記接合ツールの回転によって発生した摩擦熱で軟化させたワークの上記重ね面を、上記第1ツールのピン及び凹溝と第2ツールの窪み及び凸部とによって、上記接合軸方向にかしめる第2工程と、

上記接合ツールの回転によって上記ワーク内に塑性流動を発生させて、該ワークの重ね面付近を攪拌する第3工程と、

上記接合ツールを上記ワーク内から引き抜く第4工程とを含む

ことを特徴とする接合方法。

## 【請求項 5】

請求項 1～請求項 4 のいずれかにおいて、

第1及び第2ツールのいずれか一方のツールの先端面が、他方のツールの先端面よりも大径である接合ツールを用い、

第1乃至第4の各工程では、上記第1及び第2ツールの内で、先端面の径が大きい方のツールを接合軸回りに回転させる

ことを特徴とする接合方法。

【請求項 6】

請求項 1～請求項 4 のいずれかにおいて、

第 1 及び第 2 ツールのいずれか一方のツールが、他方のツールの先端面よりも大径の大径部と、該大径部よりもツール先端側で、該大径部よりも小径の小径部とを有する接合ツールを用い、

第 1 乃至第 4 の各工程では、上記第 1 及び第 2 ツールの内で、上記大径部と小径部とを有するツールを接合軸回りに回転させる

ことを特徴とする接合方法。

【請求項 7】

厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合するための接合ツールであって、

上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで、いずれか一方又は双方が上記接合軸回りに回転可能に配設される第 1 ツールと第 2 ツールとを備え、  
上記第 1 ツールには、その先端面から上記接合軸に沿って突出するピンが設けられ、  
上記第 2 ツールには、その先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みが設けられている  
ことを特徴とする接合ツール。

【請求項 8】

請求項 7 において、

第 1 ツールの先端面には、ピンを囲むように環状の凹溝が設けられている  
ことを特徴とする接合ツール。

【請求項 9】

請求項 7 において、

第 2 ツールの先端面には、窪みを囲むように環状の凸部が設けられている  
ことを特徴とする接合ツール。

【請求項 10】

厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合するための接合ツールであって、

上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで、いずれか一方又は双方が上記接合軸回りに回転可能に配設される第 1 ツールと第 2 ツールとを備え、  
上記第 1 ツールには、その先端面から上記接合軸に沿って突出するピンと、該先端面において上記ピンを囲む環状の凹溝とが設けられ、  
上記第 2 ツールには、その先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みと、該先端面において窪みを囲む環状の凸部とが設けられている  
ことを特徴とする接合ツール。

【請求項 11】

請求項 7～請求項 10 のいずれかにおいて、

第 1 及び第 2 ツールのいずれか一方のツールの先端面は、他方のツールの先端面よりも大径に構成されている

ことを特徴とする接合ツール。

【請求項 12】

請求項 7～請求項 10 のいずれかにおいて、

第 1 及び第 2 ツールのいずれか一方のツールは、他方のツールの先端面よりも大径の大径部と、該大径部よりもツール先端側で、該大径部よりも小径の小径部とを有している  
ことを特徴とする接合ツール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、厚み方向に重ねられた複数の板材を点状に接合する接合方法、及び該接合方法に用いられる接合ツールに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合する方法として、従来から、抵抗溶接法やリベットによる機械的締結法等が知られている。

## 【0003】

抵抗溶接方法では、接合時に大容量の電源が必要であること、溶接電極は汚染や損耗により寿命が短いこと、電極の冷却のために冷却水の供給設備が必要であること等、ランニングコストや品質管理の面での課題がある。

## 【0004】

一方、リベットによる機械的締結方法では、リベット材を多数必要とすること、そのリベットにより接合物の重量の増加を招くこと等の課題がある。

## 【0005】

これに対し、ワークを点状に接合する方法として、摩擦攪拌接合法が知られている（例えば特開2001-314982号公報参照）。この方法では、先端面から突出したピンを有する第1ツールと、先端面が平坦な第2ツールとからなる接合ツールを用いてワークの接合を行う。

## 【0006】

具体的に摩擦攪拌接合法では、上記第1ツールを回転させながら、ワークを接合ツールによって挟み込んで押圧する。こうして、上記第1ツールのピンをワーク内に沈み込ませる。

## 【0007】

次いで、上記第1ツールの回転により発生した摩擦熱によってワークを軟化させて第1ツールをワーク内にさらに沈み込ませると共に、上記第1ツールの回転によってワーク内で塑性流動を発生させる。この塑性流動により、ワークの重ね面（隣り合う2つの板材が互いに接した面）付近を攪拌する。

## 【0008】

こうして上記ワーク内を十分に攪拌した後に、上記第1ツールをワークから引き抜くことによって、軟化した板材を硬化させる。こうして、複数の板材が点状に接合される。

## 【0009】

この摩擦攪拌接合法では、抵抗溶接法とは異なり、小容量の電力で板材の接合が可能である上に、冷却水等の供給設備が不要である。また、接合ツールに汚染や損耗が生じないため、メンテナンスフリーで長時間使用することが可能であり、ランニングコストの低減と共に、維持管理も容易になるという利点がある。

## 【0010】

また、リベットによる機械的接合法とは異なり、リベット材によるコストの増大を招くことなく、さらに、接合物の重量増加も招かない等の利点がある。

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、摩擦攪拌接合法で接合強度を向上させようとする、第1ツールのワーク内への沈み込み量を比較的大きくして、ワーク内で塑性流動が生じる範囲（塑性流動範囲）を拡大させる必要がある。

## 【0012】

ところが、摩擦攪拌接合法では、第1ツールがワーク内へ沈み込んだ分だけ、ワーク（板材）の厚みが減少してしまうことから、第1ツールのワーク内への沈み込み量を大きくすると板材の厚みが大きく減少してしまい、板材自体の強度の低下を招いてしまう。このため、ワーク内を十分に攪拌することで接合強度は高まるものの、板材自体の強度が低下するため、結果として接合部分の強度は低下してしまうという問題がある。

## 【0013】

また、摩擦攪拌接合法では、第1ツールの先端（ピン）をワークの重ね面付近まで沈み込ませる必要がある。このため、接合しようとする板材の厚みが分厚いときにはワークの表

面と重ね面との間の距離が長くなることから、第1ツールの沈み込み量を大きくしなければならず、上述したように、板材の厚みが大きく減少してしまつて、板材自体の強度が低下してしまう。また、板材の厚みが分厚いときには放熱容量が大きくなるため、ワーク内で塑性流動が起こりにくく、このため、ワーク内を十分に攪拌することができずに、接合強度も低下してしまう。このように、従来の摩擦攪拌接合法では、接合可能な板材の厚みに、一定の制約があった。

#### 【0014】

この摩擦攪拌接合法は、例えばアルミニウム合金等の比較的軟らかい金属の板材を接合する場合に適している。ところが、アルミニウム合金の内でも、5000系の合金（Al-Mg）と、6000系の合金（Al-Mg-Si）とでは、高温時における引張特性（引張強さ及び耐力等）が大きく異なる。このため、摩擦攪拌接合法で、材料強度が比較的低い6000系のアルミニウム合金製板材を接合した場合は、十分な接合強度が得られる。一方、材料強度が比較的高い5000系のアルミニウム合金製板材を接合した場合は、ワーク内を攪拌し難く、十分な接合強度が得られない。このように、従来の摩擦攪拌接合法では、接合可能な板材の材料に、一定の制約があった。

#### 【0015】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合する接合方法において、接合部分の強度を向上させることにあり、また、板材の厚みや材料の制約を受けることなくワークの接合を可能にすることにあり、さらに、その接合方法に適した接合ツールを提供することにある。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

第1の発明は、厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合する接合方法に係る。

#### 【0017】

そして、第1の発明に係る接合方法は、上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで配設された第1ツールと第2ツールとからなる接合ツールであつて、該第1ツールの先端面から上記接合軸に沿って突出するピンと、上記第2ツールの先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みとを有する接合ツールを用い、上記第1及び第2ツールのいずれか一方又は双方を上記接合軸回りに回転させながら、上記接合ツールで上記ワークを接合軸方向に挟み込んで押圧することにより、該接合ツールの先端部分を上記ワーク内に沈み込ませる第1工程と、上記接合ツールの回転によって発生した摩擦熱で軟化させたワークの上記重ね面を、上記第1ツールのピンと第2ツールの窪みとによって、上記接合軸方向にかしめる第2工程と、上記接合ツールの回転によって上記ワーク内に塑性流動を発生させて、該ワークの重ね面付近を攪拌する第3工程と、上記接合ツールを上記ワーク内から引き抜く第4工程とを含む。

#### 【0018】

この構成により、第1工程では、第1及び第2ツールの少なくとも一方を接合軸回りに回転させながら、接合ツールでワークを上記接合軸方向に挟み込んで押圧する。こうして、接合ツールの先端部分を上記ワーク内に沈み込ませる（圧入する）。

#### 【0019】

続く第2工程では、接合ツールの回転によって発生した摩擦熱でワークを軟化させる。これにより、接合ツールはワーク内にさらに沈み込む。その結果、上記第1ツールのピンが軟化したワークを第2ツールの窪み内に押し込むようになり、ワークの重ね面が上記接合軸方向にかしめられる。

#### 【0020】

第3工程では、ワーク内に沈み込ませた接合ツールの回転によって上記ワーク内に塑性流動を発生させる。こうして、ワークの重ね面付近を攪拌し、複数の板材を一体化させる。

#### 【0021】

第4工程では、ワーク内に沈み込ませた接合ツールをこのワーク内から引き抜く。こうすることで、ワークは冷却されて硬化し、ワークの接合が完了する。

【0022】

ここで、従来の摩擦攪拌接合法で用いる接合ツールは、ピンのみを有しているため、ワーク内が攪拌されるだけである。また、このときワーク内で発生している塑性流動は、主に、ワークの重ね面に沿った方向の流動である。

【0023】

これに対し、第1の発明で用いる接合ツールは、ピンと、このピンに相対向する窪みとを有している。このため、上述したように、ワーク内が攪拌される上に、ワークの重ね面が接合軸方向にかしめられる。

【0024】

また、ワークの重ね面が接合軸方向にかしめられることで、ワーク内は、ワークの重ね面に沿った方向だけでなく、接合軸方向にも塑性流動する。このため、ワーク内は重ね面に沿う方向及び重ね面に直交する方向（接合軸方向）のそれぞれの方向に攪拌される。

【0025】

こうして、第1の発明に係る接合方法では、ワーク内の攪拌と、ワークのかしめとを複合させてワークを接合するため、接合強度は従来と比べて大幅に向上する。

【0026】

また、厚みの分厚い板材を接合する場合や、材料強度の比較的高い板材を接合する場合は、従来の接合方法ではワーク内の攪拌が不十分になるため、十分な接合強度が得られないが、本発明に係る接合方法では、ワーク内の攪拌が不十分になったとしても、ワークの重ね面をかしめることで接合強度が高まり、これによって、十分な接合強度が得られる。従って、本発明に係る接合方法では、板材の厚みや材料の制約を受けることなくワークの接合が可能になる。

【0027】

第1ツールの先端面においてピンを囲むように形成された環状の凹溝を有する接合ツールを用いるようにしてもよい。

【0028】

こうすることで、第2工程では、上述したように、接合ツールのピンと窪みとによって、軟化したワークの重ね面が第1ツールから第2ツールに向かう方向にかしめられる。

【0029】

また、第1ツールの先端面に環状の凹溝が設けられていることで、軟化したワークはこの凹溝内に押し込まれる。このため、ワークの重ね面は、ワーク内に沈み込んだピンの周囲で、かしめ方向とは逆方向（第2ツールから第1ツールに向かう方向）にかしめられる。こうして、ワークの重ね面は、接合軸方向に大きくかしめられて、かしめ作用が増大する（接合強度が高まる）。

【0030】

第3工程では、接合ツールの回転によって、ワーク内に主にワークの重ね面に沿った方向の塑性流動を発生させるが、上記第1ツールの凹溝内にワークが押し込まれることに伴い、接合軸方向（重ね面に直交する方向）の塑性流動が促進される。こうして、ワーク内は、重ね面に沿った方向及び重ね面に直交する方向に、十分に攪拌される。その結果、接合強度はさらに向上する。

【0031】

第2ツールの先端面において窪みを囲むように形成された環状の凸部を有する接合ツールを用いるようにしてもよい。

【0032】

こうすることで、第2工程では、上述したように、接合ツールのピンと窪みとによって、軟化したワークの重ね面が第1ツールから第2ツールに向かう方向にかしめられる。

【0033】

また、第2ツールの先端面に設けられた環状の凸部によって、軟化したワークは第2ツ

ルから第1ツールに向かう方向に押し込まれる。このため、ワークの重ね面は、ワーク内に沈み込んだピンの周囲で、かしめ方向とは逆方向にかしめられる。こうして、かしめ作用が増大する。

【0034】

さらに、上記第2ツールは、先端面から突出した凸部の先端でワーク表面に接触するため、第2ツールとワークとの接触面積は小さくなる。このため、第1ツールにおいて上記凸部に相対向する部分、つまり、ピンの周辺部分の押圧力（第1ツールからワークに作用する単位面積あたりの力）は大きくなる。これにより、第3工程で発生させるワーク内の塑性流動範囲は、第1ツールの中心付近から径方向外方に向かって拡大し、これにより、ワーク内が広範囲に亘って攪拌される。その結果、接合強度はさらに向上する。

【0035】

第2の発明に係る接合方法は、上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで配設された第1ツールと第2ツールとからなる接合ツールであって、該第1ツールの先端面から上記接合軸に沿って突出するピン及び該先端面において該ピンを囲むように形成された環状の凹溝と、上記第2ツールの先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪み及び該先端面において該窪みを囲むように形成された環状の凸部とを有する接合ツールを用い、上記第1及び第2ツールのいずれか一方又は双方を上記接合軸回りに回転させながら、上記接合ツールで上記ワークを接合軸方向に挟み込んで押圧することにより、該接合ツールの先端部分を上記ワーク内に沈み込ませる第1工程と、上記接合ツールの回転によって発生した摩擦熱で軟化させたワークの上記重ね面を、上記第1ツールのピン及び凹溝と第2ツールの窪み及び凸部とによって、上記接合軸方向にかしめる第2工程と、上記接合ツールの回転によって上記ワーク内に塑性流動を発生させて、該ワークの重ね面付近を攪拌する第3工程と、上記接合ツールを上記ワーク内から引き抜く第4工程とを含む。

【0036】

この接合方法に用いる接合ツールはピンと窪みとを有しているため、第2工程では、上述したように、軟化したワークの重ね面が第1ツールから第2ツールに向かう方向にかしめられる。

【0037】

また、第1ツールの先端面に環状の凹溝が設けられていると共に、第2ツールの先端面に環状の凸部が設けられていることで、ワークの重ね面は、ワーク内に沈み込んだピンの周囲で、かしめ方向とは逆方向に大きくかしめられる。これにより、かしめ作用がさらに増大する。

【0038】

さらに、第3工程では、接合ツールの回転によりワークの重ね面に沿った方向の塑性流動が発生すると共に、第1ツールの凹溝及び第2ツールの凸部によって、重ね面に直交する方向の塑性流動が発生し、ワーク内が十分に攪拌される。

【0039】

加えて、上記第2ツールに凸部を設けることにより、上述したように、第1ツールのピンの周辺部分の押圧力が高まり、これにより、第3工程で発生させた塑性流動の範囲が拡大する。その結果、第2の発明に係る接合方法では、接合強度はより一層向上する。

【0040】

また、厚みの分厚い板材を接合する場合や、材料強度の比較的高い板材を接合する場合でも、第2の発明に係る接合方法では、ワーク内を十分に攪拌可能である上に、ワークをかしめることによって十分な接合強度が得られる。その結果、種々な板材を接合することが可能になる。

【0041】

第1及び第2ツールのいずれか一方のツールの先端面が、他方のツールの先端面よりも大径である接合ツールを用い、第1乃至第4の各工程では、上記第1及び第2ツールの内で、先端面の径が大きい方のツールを接合軸回りに回転させるようにしてもよい。

【0042】

こうすることで、第1工程では、回転させているツールをワークに押圧して、そのツールをワーク内に沈み込ませるが、このとき、回転させているツールは、先端面の径が大きいので、そのツールとワークとの接触面積は大きくなる。これにより、ツールの押圧力は小さくなるため、そのツールのワーク内への沈み込みが抑制される。こうして、板材の厚みの減少が抑制される。

【0043】

また、第3工程では、回転させているツールとワークとの接触面積は大きくなることで、摩擦による発熱量は増加する。これにより、ワーク内の塑性流動範囲は拡大する。

【0044】

また特に、第1ツールの先端面が、第2ツールの先端面よりも大径である接合ツールを用いたときには、ピンを有する第1ツールのワーク内への沈み込みが抑制されることで、窪みを有する第2ツールのワーク内への沈み込み量が大きくなる。これにより、第2ツールの窪みの底部が、ワークの表面近傍に位置するようになる。

【0045】

ここで、第2工程において第2ツールの窪み内に押し込まれた部分は、ワークの接合後には突起となる。このため、第2ツールのワーク内への沈み込み量を大きくして、第2ツールの窪みの底部をワークの表面近傍に位置させることで、この突起がワークの表面から大きく突出することが防止される。その結果、接合後のワークの見栄えが向上する。また特に、上記突起の先端をワークの表面と面一としたときには、突起に対する逃げを設けなくても、別の部材をワークの表面に取り付けることが可能になる。

【0046】

尚、回転させるツールの先端面を大径にしたときには、回転させないツール（非回転ツール）の先端面は比較的小径となる。このため、非回転ツールとワークとの接触面積は小さくなり、これにより、非回転ツールを介して放熱される放熱量が低下する。その結果、ワーク内の塑性流動が早期に開始されると共に、塑性流動範囲の拡大が図られる。

【0047】

第1及び第2ツールのいずれか一方のツールが、他方のツールの先端面よりも大径の大径部と、該大径部よりもツール先端側で、該大径部よりも小径の小径部とを有する接合ツールを用い、第1乃至第4の各工程では、上記第1及び第2ツールの内で、上記大径部と小径部とを有するツールを接合軸回りに回転させるようにしてもよい。

【0048】

こうすることで、第1工程では、回転させているツールをワークに押圧して、そのツールをワーク内に沈み込ませるが、このとき、回転させているツールが有する小径部は径が小さいため、この小径部は比較的早期にワーク内に沈み込む。これにより、第3工程においては、上記ワーク内の塑性流動が早期に発生する。こうして、ワーク内の塑性流動を早期に発生させることで、厚みの分厚い板材や、材料強度の比較的高い板材を接合する場合にも、ワーク内を十分に攪拌可能になる。

【0049】

一方、上記小径部がワーク内に沈み込んだ後は、大径部がワーク表面と接するが、大径部とワーク表面との接触面積は大きいので、上記ツールのワーク内への沈み込みが抑制される。こうして、板材の厚みの減少が抑制される。

【0050】

また、大径部がワーク表面と接している状態では、摩擦による発熱量は増加するため、上述したように、ワーク内の塑性流動範囲は拡大し、ワーク内が広範囲に亘って攪拌される。

【0051】

また特に、第1ツールに小径部と大径部とを設けた接合ツールを用いたときには、上述したように、接合後のワークの表面から突起が大きく突出することが防止される。

【0052】

第3の発明は、厚み方向に重ねられた複数の板材からなるワークを点状に接合するための



接合ツールに係る。

【0053】

そして、第3の発明に係る接合ツールは、上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで、いずれか一方又は双方が上記接合軸回りに回転可能に配設される第1ツールと第2ツールとを備え、上記第1ツールに、その先端面から上記接合軸に沿って突出するピンを設け、上記第2ツールに、その先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みを設ける。

【0054】

この接合ツールを用いてワークの接合を行うと、上述したように、ワーク内の攪拌は勿論のこと、第1ツールのピンと第2ツールの窪みとによってワークの重ね面が接合軸方向にかしめられる。こうして、接合強度を向上させることが可能になる。

【0055】

上記第1ツールの先端面には、ピンを囲むように環状の凹溝を設けてもよい。また、上記第2ツールの先端面には、窪みを囲むように環状の凸部を設けてもよい。

【0056】

第4の発明に係る接合ツールは、上記ワークの重ね面に対して略直交する接合軸上に、該ワークを挟んで、いずれか一方又は双方が上記接合軸回りに回転可能に配設される第1ツールと第2ツールとを備え、上記第1ツールに、その先端面から上記接合軸に沿って突出するピンと、該先端面において上記ピンを囲む環状の凹溝とを設け、上記第2ツールに、その先端面で上記接合軸に沿って窪んだ窪みと、該先端面において窪みを囲む環状の凸部とを設ける。

【0057】

この接合ツールを用いてワークの接合を行うと、上述したように、ワーク内が、重ね面に沿った方向及び重ね面に直交する方向に攪拌されると共に、第1ツールのピン及び凹溝と、第2ツールの窪み及び凸部とによってワークが接合軸方向に大きくかしめられる。こうして、接合強度をさらに向上させることが可能になる。

【0058】

第1及び第2ツールのいずれか一方のツールの先端面を、他方のツールの先端面よりも大径に構成してもよい。

【0059】

第1及び第2ツールのいずれか一方のツールを、他方のツールの先端面よりも大径の大径部と、該大径部よりもツール先端側で、該大径部よりも小径の小径部とを有するものとしてもよい。

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明における接合方法及び接合ツールによれば、ワーク内に塑性流動を発生させて重ね面付近を攪拌する一方で、接合ツールが有するピンと窪みとによってワークの重ね面を接合軸方向にかしめることができる。こうして、攪拌によるワークの接合に、重ね面のかしめ作用を付加することによって、接合部の強度を大幅に向上させることができる。

【0061】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0062】

<第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係る接合装置Aの概略構成を示しており、この接合装置Aは、例えば自動車のボディ等に用いられるアルミニウム合金等の板材W1、W2を、厚み方向に重ねた状態で点状に接合するものに構成されている（図4参照）。

【0063】

上記接合装置Aは、ワークW（図4参照）の接合を行う接合ガン1を備えており、この接

合ガン１は、ロボット２の手首に取り付けられている。これにより、上記接合ガン１は、図示省略の治具に固定されたワークＷの接合位置に、ロボット２によって位置づけられて、上記ワークＷの接合を行うようになっている。

【００６４】

上記ロボット２は、例えば汎用の６軸垂直多関節型ロボットを用いることができる。このロボット２は、ハーネス３１により制御盤３と接続されている。また、上記接合ガン１も、ロボット２に設けられた中継ボックス３４を介して、ハーネス３２、３３により上記制御盤３と接続されている。

【００６５】

上記制御盤３は、ロボット２の６軸と、詳しくは後述するが、接合ガン１に設けられた２つのモータ１１、１２（図２参照）の２軸との合計８軸を同期制御するように構成されている。

【００６６】

上記接合ガン１は、図２に示すように、略円柱状の第１ツール４と第２ツール５とからなる接合ツール６を備えている。

【００６７】

上記第１ツール４は、２つの板材Ｗ１、Ｗ２を、その厚み方向に重ねたワークＷの重ね面Ｗ３（図４参照）に対して直交する接合軸Ｘ上に配設されていて、回転軸モータ１１によって、この接合軸Ｘ回りに回転するように構成されている。また、上記第１ツール４は、押圧軸モータ１２によって、上記接合軸Ｘに沿って昇降するように構成されている。上記回転軸モータ１１は、インダクションモータやサーボモータを用いることができ、上記押圧軸モータ１２は、サーボモータを用いることができる。

【００６８】

一方、第２ツール５は、略Ｌ字状のアーム１３の先端に取り付けられていて、これにより、上記第１ツール４と相対向するように上記接合軸Ｘ上に配設されている。

【００６９】

尚、上記第１及び第２ツール４、５はそれぞれ、接合ガン１に対して着脱可能に取り付けられている。

【００７０】

次に、上記第１及び第２ツール４、５の先端部分の形状について、図３を参照しながら詳細に説明する。

【００７１】

上記第１ツール４の先端部分は、第２ツール５の先端面５３よりも大径にされた大径部４１と、この大径部４１よりもツール先端側で、大径部４１よりも小径の小径部４２とを有している。この小径部４２の縁部４６には、アールがつけられている。これは、後述するように、接合したワークＷの応力集中を防止するためである。また、第１ツール４のその他の縁部にも、アールがつけられている。

【００７２】

そして、上記第１ツール４には、小径部４２の先端面４３から上記接合軸Ｘに沿って突出するピン４４が形成されている。このピン４４の周面には、逆ねじが設けられている。

【００７３】

また、上記第１ツール４の先端面４３には、上記ピン４４を囲むように環状の凹溝４５が形成されている。尚、この凹溝４５内の面は平滑にされている。

【００７４】

一方、第２ツール５には、その先端面５３から上記接合軸Ｘに沿って窪んだ窪み５１が形成されている。この窪み５１は、その底部から先端開口部に向かって径が拡大するようなテーパ状に形成されている。尚、この窪み５１の内周面は、平滑にされている。

【００７５】

また、上記第２ツール５の先端面５３には、窪み５１を囲むように環状の凸部５２が設けられている。この凸部５２は、その断面形状が、先細となるように形成されていると共に

、丸みを帯びた形状に形成されている。これにより、第2ツール5をワークW内に沈み込み易くすると共に、接合したワークWの応力集中を防止するようにしている。

【0076】

次に、上記接合装置AによるワークWの接合方法について説明すると、先ず、図示省略の治具によってワークWを固定し、接合ガン1を、ロボット2によって上記ワークWに設定された所定の接合位置に位置づける。詳しくは、接合ガン1の第1及び第2ツール4、5の間にワークWを位置させると共に、接合軸X上にワークWの接合位置を位置させる。また、上記第2ツール5の先端を、ワークWの下面に当接させる。

【0077】

そして、後述するように、上記接合ガン1によってワークWの接合を行い、ワークWの接合が完了すれば、上記接合ガン1をロボット2によって次の接合位置に位置づける。このようにして、ワークWに設定された所定の接合位置の接合を順次行う。尚、ワークWを接合するときには、接合ガン1のアーム13に撓みが生じるため、ロボット2の制御によって、このアーム13に取り付けられた第2ツール5の先端位置の補正を行う。こうした位置補正は、従来から行われている制御ロジックを適用すればよい（例えば溶接ガンを用いた抵抗溶接の際に行われている）。

【0078】

次に、上記接合ガン1によるワークWの接合手順について、図4及び図5を参照しながら説明する。尚、図4は、図3に示す接合ツール6を模式的に示したものであり、同一の部材については同一の符号を付している。また、図5は、図4に示す接合ツール6によって接合させたワークWの接合部分を模式的に示す図である。

【0079】

先ず、接合ガン1の回転軸モータ11により、第1ツール4を接合軸X回りに回転させる。そして、第1ツール4の回転数が目標回転数に到達すれば、第1ツール4を回転させながら、押圧軸モータ12によって第1ツール4を下降させ、これにより、第1ツール4と第2ツール5とでワークWを挟み込んで、このワークWを接合軸X方向に押圧する。こうして、第1ツール4のピン44を、ワークW内に沈み込ませる。

【0080】

この状態で、第1ツール4の回転と、ワークWの押圧とを継続することにより、ピン44の周囲のワークWを切削することによる発熱と、第1ツール4の小径部42の先端面43とワークW表面との摩擦による発熱とを生じさせる。

【0081】

このとき、第2ツール5は、その凸部52の先端がワークWの下面に当接しているため、第2ツール5とワークWとの接触面積は極めて小さい。これにより、第2ツール5を介して放熱される放熱量は、小さくなる。その結果、ワークWは比較的早期に軟化する。そして、この軟化したワークW内に、第1ツール4の小径部42が沈み込む。

【0082】

第1ツール4の小径部42がワークW内に沈み込むことにより、この第1ツール4のピン44が、軟化したワークWを第2ツール5の窪み51内に押し込むようになり、上記ワークWの重ね面W3が接合軸X方向にかしめられる（図5参照）。

【0083】

このとき、第2ツール5の窪み51は、その先端開口に向かって径が拡大するテーパ状に形成されている。このため、ワークWを押圧する際に、接合ガン1のアーム13が撓んで第2ツール5の窪み51の中心軸が接合軸Xに対して傾いたとしても、第1ツール4のピン44の中心軸（接合軸X）が、窪み51の先端開口から外れることが防止される。これにより、ワークWの重ね面W3を、確実にかしめることが可能になる。

【0084】

また、第1ツール4に凹溝45が形成されているため、軟化したワークWはこの凹溝45内に押し込まれる。また、第2ツール5に凸部52が形成されているため、上記ワークWは、接合軸X方向の上方に押し上げられる。こうして、ワークWの重ね面W3は、ワーク

W内に沈み込んだピン44の周囲で、上記かしめ方向とは逆方向（第2ツール5から第1ツール4に向かう方向）にかしめられる。こうして、ワークWの重ね面W3が、さらに大きくかしめられる（図5参照）。

【0085】

そして、第1ツール4のピン44と小径部42とをワークW内に沈み込ませた状態で、この第1ツール4の回転及び押圧を継続させる。これにより、ワークW内に塑性流動を発生させる。このとき、第1ツール4の回転によって発生する塑性流動は、主に重ね面W3に沿った方向の流動であるが、第1ツール4のピン44及び凹溝45と、第2ツール5の窪み51及び凸部52とによって、ワークWの重ね面W3がかしめられるため、接合軸X方向の塑性流動も発生する（図5の矢印参照）。こうして、ワークWの重ね面W3付近が、重ね面W3に沿った方向及び接合軸X方向（重ね面W3に直交する方向）に攪拌される。

【0086】

またこのとき、上記第1ツール4のピン44の周面に逆ねじが形成されていることで、ワークWの攪拌がより一層促進される。

【0087】

さらにこの状態で、第1ツール4の回転及び押圧を継続させ、このことにより、ワークW内の塑性流動範囲W4を拡大させる。

【0088】

このとき、第1ツール4は、その大径部41がワークWの表面と当接しているが、大径部41は比較的径が大きいので、この大径部41とワークW表面との接触面積は比較的大きい。これにより、発熱量が増大してワークW内の塑性流動範囲W4は、短時間で拡大する。

【0089】

また、第1ツール4の大径部41とワークW表面との接触面積が大きいことで、第1ツールの押圧力（第1ツール4からワークWに作用する単位面積あたりの力）は小さくなる。これにより、第1ツール4のワークWへの沈み込みは抑制される。こうして、ワークW（板材W1）の厚みの減少を抑制することができる（図5のL2参照）。

【0090】

さらに、第1ツール4のワークWへの沈み込みが抑制されることで、第2ツール5のワークW内への沈み込みは大きくなる。これにより、第2ツール5の窪み51に押し込まれた部分（突起W5）が、接合後にワークWの表面から大きく突出することが防止される（図5のL1参照）。その結果、接合後のワークWの見栄えが向上する。

【0091】

このようにして、ワークW内の攪拌を所定時間継続させれば、第1ツール4を回転させたまま、押圧軸モータ12によってこの第1ツール4を上昇させる。これにより、第1ツール4（及び第2ツール5）をワークW内から引き抜く。このとき、第1ツール4における凹溝45の内周面や、第2ツール5における窪み51の内周面が平滑にされていることで、これらの面にワークWが凝着せず、これにより、接合ツール6の引き抜き時に、ワークWを引きちぎってしまうことが防止される。

【0092】

その後、ワークWは急激に冷却して硬化し、これにより、ワークWの接合が完了する。

【0093】

こうして接合されたワークWの接合部分においては、第1ツール4の小径部42の縁部46にアールがつけられているため、この縁部に対応する部分が滑らかな形状となる。これにより、接合部分の応力集中を防止することが可能になる。

【0094】

このように、第1実施形態に係る接合方法によれば、接合ツール6の第1ツール4にピン44を設ける一方で、第2ツール5に窪み51を設けることにより、ワークWの重ね面W3を接合軸X方向にかしめることが可能になる。また、第1ツール4のピン44の周囲に凹溝45を設ける一方で、第2ツール5の窪み51の周縁に凸部52を設けることにより

、ワークWの重ね面W3を、接合軸X方向に、より一層大きくかしめることが可能になる。

【0095】

また、上記第1ツール4のピン44及び凹溝45と、第2ツール5の窪み51及び凸部52とによって、ワークW内で、重ね面W3に沿った方向と、この重ね面W3に直交する方向との塑性流動を発生させることができ、これにより、ワークWの攪拌を十分に行うことができる。

【0096】

このように、第1実施形態に係る接合方法では、ワークW内の攪拌と、ワークWの重ね面W3のかしめとを複合させてワークWを接合するため、接合強度を従来と比べて大幅に向上させることができる。

【0097】

また、厚みの分厚い板材を接合する場合や、材料強度の比較的高い板材を接合する場合であっても、第1実施形態に係る接合方法では、ワークW内の攪拌を十分に行うことができると共に、ワークWの重ね面W3をかしめることで、十分な接合強度を得ることができる。特に、第1ツール4に大径部41と小径部42とを設けていることで、第1ツール4のワークW内への沈み込みが抑制されるため、厚みの分厚い板材を接合する場合でも、板材W1の厚みの減少を抑制することができる。

【0098】

(変形例1)

第1実施形態に係る接合ツール6は、第1ツール4が大径部41と小径部42とを有するものであったが、変形例1に係る接合ツール61は、図6に示すように、第1ツール4aが小径部42を有しないものである。つまり、この第1ツール4aの先端面43は、第2ツール5の先端面53よりも大径にされている。また、この第1ツール4aには、その先端面43から接合軸Xに沿って突出するピン44と、このピン44を囲む環状の凹溝45とが形成されている。

【0099】

一方、変形例1に係る接合ツール61の第2ツール5は、上記第1実施形態に係る第2ツール5と同じであって、その先端面53で接合軸Xに沿って窪んだ窪み51と、この窪み51を囲む環状の凸部52とが形成されている。

【0100】

この変形例1に係る接合ツール61を用いて、ワークWの接合を行うと、第1ツール4aのピン44と第2ツール5の窪み51、及び第1ツール4aの凹溝45と第2ツール5の凸部52とによって、ワークWの重ね面W3を、上記接合軸X方向に大きくかしめることができる。また、ワークW内で、重ね面W3に沿った方向と、この重ね面W3に直交する方向との塑性流動を発生させて、ワークW内の攪拌を十分に行うことができる。こうして、接合強度を向上させることができる。

【0101】

また、第1ツール4aの先端面の径が大きいことで、接合の際に、第1ツール4aがワークW内に沈み込むことを抑制することができる。これにより、ワークW（板材W1）の厚みの減少を抑制することができる（図5のL2参照）。また、第2ツール5のワークWへの沈み込みが大きくなるため、突起W5が、接合後にワークWの表面から大きく突出することが防止される（図5のL1参照）。

【0102】

但し、変形例1に係る接合ツール61を用いて接合を行った場合は、第1ツール4aのピン44がワークW内に沈み込んだ時点で、この第1ツール4aの沈み込みが抑制されるため、ワークW内で塑性流動が発生するまでに長時間を要し、これにより、接合時間が長くなる。

【0103】

(変形例2)

変形例 2 に係る接合ツール 6 2 は、図 7 に示すように、第 1 ツール 4 b の先端面 4 3 が比較的、小径にされている。具体的には、変形例 2 に係る第 1 ツール 4 b の先端面 4 3 は、第 2 ツール 5 の先端面 5 3 と略同じ径に設定されている。尚、この第 1 ツール 4 b にも、その先端面 4 3 から接合軸 X に沿って突出するピン 4 4 と、このピン 4 4 を囲む環状の凹溝 4 5 とが形成されている。

【0104】

一方、変形例 2 に係る接合ツール 6 2 の第 2 ツールは、上記第 1 実施形態に係る第 2 ツール 5 と同じであって、その先端面 5 3 で接合軸 X に沿って窪んだ窪み 5 1 と、この窪み 5 1 を囲む環状の凸部 5 2 とが形成されている。

【0105】

この変形例 2 に係る接合ツール 6 2 を用いて、ワーク W の接合を行うと、第 1 ツール 4 b のピン 4 4 と第 2 ツール 5 の窪み 5 1、及び第 1 ツール 4 b の凹溝 4 5 と第 2 ツール 5 の凸部 5 2 とによって、ワーク W の重ね面 W 3 を、上記接合軸 X 方向に大きくかしめることができる。また、ワーク W 内で、重ね面 W 3 に沿った方向と、この重ね面 W 3 に直交する方向との塑性流動を発生させて、ワーク W 内の攪拌を十分に行うことができる。

【0106】

また、接合の開始時には、第 2 ツール 5 の凸部 5 2 の先端がワーク W の下面に当接することで、第 1 ツール 4 の先端面 4 3 において、この凸部 5 2 に相対向する部分（ピン 4 4 の周辺部分）の押圧力は大きくなる。このため、ワーク W 内の塑性流動範囲 W 4 を、第 1 ツール 4 b の中心付近から径方向外方に向かって拡大させることができる。

【0107】

但し、変形例 2 に係る接合ツール 6 2 は、第 1 ツール 4 b の先端面 4 3 の径が比較的小さいため、この第 1 ツール 4 b のワーク W 内への沈み込み量が大きくなる虞がある。このため、板材 W 1 の厚みの減少を招くと共に、第 2 ツール 5 の沈み込み量が小さくなることにより、突起 W 5 がワーク W の表面から大きく突出する虞がある。

【0108】

<第 2 実施形態>

第 2 実施形態に係る接合ツール 6 3 は、図 8 に示すように、第 1 ツール 4 b は、上記第 1 実施形態の変形例 2 に係る第 1 ツールと同じである。つまり、第 1 ツール 4 b の先端面 4 3 は、第 2 ツール 5 の先端面 5 3 と略同じ径に設定されており、この第 1 ツール 4 b には、その先端面 4 3 から接合軸 X に沿って突出するピン 4 4 と、このピン 4 4 を囲む環状の凹溝 4 5 とが形成されている。

【0109】

一方、第 2 実施形態に係る接合ツール 6 3 の第 2 ツール 5 a には、その先端面 5 3 で接合軸 X に沿って窪んだ窪み 5 1 が形成されているが、環状の凸部 5 2 は形成されていない。

【0110】

この第 2 実施形態に係る接合ツール 6 3 を用いて、ワーク W の接合を行うと、第 1 ツール 4 b のピン 4 4 と第 2 ツール 5 a の窪み 5 1 とによって、ワーク W の重ね面 W 3 を、上記接合軸 X 方向にかしめることができる。また、第 1 ツール 4 b の凹溝 4 5 内に軟化したワーク W が押し込まれ、これにより、ワーク W の重ね面 W 3 より大きくかしめることができる。

【0111】

さらに、ワーク W 内で、重ね面 W 3 に沿った方向と、この重ね面 W 3 に直交する方向との塑性流動を発生させることができる。こうして、接合強度を従来に比べて向上させることができる。

【0112】

但し、第 2 実施形態に係る接合ツール 6 3 では、第 2 ツール 5 a に凸部 5 2 が設けられていないため、第 1 実施形態に係る接合ツール 6 を用いてワーク W の接合した場合に比べて、かしめ作用は低下する。

【0113】

また、重ね面W3に直交する方向の塑性流動も、第1実施形態に係る接合ツール6を用いてワークWを接合する場合に比べ弱くなる。

【0114】

尚、第2実施形態に係る接合ツール63においても、上記第1実施形態のように、第1ツール4bを大径部41と小径部42と有するものにしてもよいし、第1実施形態の変形例1のように、第1ツール4bの先端面43の径を、第2ツール5aの先端面53の径よりも大きくしてもよい。

【0115】

<第3実施形態>

第3実施形態に係る接合ツール64は、図9に示すように、第1ツール4cには、その先端面43から接合軸Xに沿って突出するピン44が形成されているが、環状の凹溝45は形成されていない。

【0116】

一方、第3実施形態に係る接合ツール64の第2ツール5は、上記第1実施形態に係る第2ツール5と同じである。つまり、第2ツール5には、その先端面53で接合軸Xに沿って窪んだ窪み51と、この窪み51を囲む環状の凸部52とが形成されている。

【0117】

この第3実施形態に係る接合ツール64を用いて、ワークWの接合を行うと、第1ツール4cのピン44と第2ツール5の窪み51とによって、ワークWの重ね面W3を、上記接合軸X方向にかしめることができる。また、第2ツール5の凸部52により軟化したワークWが押し上げられ、これにより、ワークWの重ね面W3より大きくかしめることができる。

【0118】

さらに、ワークW内で、重ね面W3に沿った方向と、この重ね面W3に直交する方向との塑性流動を発生させることができる。こうして、接合強度を従来に比べて向上させることができる。

【0119】

但し、第3実施形態に係る接合ツール64では、第1ツール4cに凹溝45が設けられていないため、この接合ツール64を用いてワークWの接合を行った場合、かしめ作用は若干弱くなる。

【0120】

また、重ね面W3に直交する方向の塑性流動も、第1実施形態に係る接合ツール6を用いて、ワークW3を接合する場合に比べて弱くなる。

【0121】

尚、第3実施形態に係る接合ツール64においても、上記第1実施形態のように、第1ツール4cを大径部41と小径部42と有するものとしてもよいし、第1実施形態の変形例1のように、第1ツール4cの先端面43の径を、第2ツール5の先端面53の径よりも大きくしてもよい。

【0122】

<第4実施形態>

第4実施形態に係る接合ツール65は、図10に示すように、第1ツール4cは、第3実施形態に係る第1ツール4cと同じであって、この第1ツール4cには、その先端面43から接合軸Xに沿って突出するピン44が形成されているが、環状の凹溝45は形成されていない。

【0123】

一方、第4実施形態に係る接合ツール65の第2ツール5aは、第2実施形態に係る第2ツールと同じであって、この第2ツール5aには、その先端面53で接合軸Xに沿って窪んだ窪み51が形成されているが、環状の凸部52は形成されていない。

【0124】

この第4実施形態に係る接合ツール65を用いて、ワークWの接合を行うと、第1ツール

4 c のピン 4 4 と第 2 ツール 5 a の窪み 5 1 とによって、ワーク W の重ね面 W 3 を、上記接合軸 X 方向にかしめることができる。

【0125】

さらに、ワーク W 内で、重ね面 W 3 に沿った方向と、この重ね面 W 3 に直交する方向との塑性流動を発生させることができる。こうして、接合強度を従来に比べて向上させることができる。

【0126】

但し、第 4 実施形態に係る接合ツール 6 5 では、第 1 ツール 4 c に凹溝 4 5 が設けられておらず、また第 2 ツール 5 a に凸部 5 2 が設けられていないため、この接合ツール 6 5 を用いてワーク W の接合を行った場合、かしめ作用は若干弱くなる。

【0127】

また、重ね面 W 3 に直交する方向の塑性流動も、第 1 実施形態に係る接合ツール 6 を用いてワーク W を接合する場合に比べて弱くなる。

【0128】

尚、第 4 実施形態に係る接合ツール 6 5 においても、上記第 1 実施形態のように、第 1 ツール 4 c を大径部 4 1 と小径部 4 2 と有するものとしてもよいし、第 1 実施形態の変形例 1 のように、第 1 ツール 4 c の先端面 4 3 の径を、第 2 ツール 5 の先端面 5 3 の径よりも大きくしてもよい。

【0129】

<第 5 実施形態>

第 5 実施形態に係る接合ツール 6 6 は、図 1 1 に示すように、第 4 実施形態に係る接合ツール 6 5 に対して、第 1 ツールと第 2 ツールとを相互に入れ替えたものである。つまり、第 5 実施形態に係る接合ツール 6 6 の第 1 ツール 4 d には、その先端面 4 3 で接合軸 X に沿って窪んだ窪み 4 7 が形成されている。

【0130】

一方、第 5 実施形態に係る接合ツール 6 6 の第 2 ツール 5 b には、その先端面 5 3 から接合軸 X に沿って突出するピン 5 4 が形成されている。

【0131】

この第 5 実施形態に係る接合ツール 6 6 を用いて、ワーク W の接合を行うと、第 1 ツール 4 d の窪み 4 7 と第 2 ツール 5 b のピン 5 4 とによって、ワーク W の重ね面 W 3 を、上記接合軸 X 方向にかしめることができる。

【0132】

さらに、ワーク W 内で、重ね面 W 3 に沿った方向と、この重ね面 W 3 に直交する方向との塑性流動を発生させることができる。こうして、接合強度を従来に比べて向上させることができる。

【0133】

尚、第 5 実施形態に係る接合ツール 6 6 においても、上記第 1 実施形態のように、第 1 ツール 4 d を大径部 4 1 と小径部 4 2 と有するものとしてもよいし、第 1 実施形態の変形例 1 のように、第 1 ツール 4 d の先端面 4 3 の径を、第 2 ツール 5 の先端面 5 3 の径よりも大きくしてもよい。

【0134】

また、上記第 1 ～第 4 実施形態に係る各接合ツール 6 1 ～6 5 においても、第 1 ツールと第 2 ツールとを相互に入れ替えるようにしてもよい。

【0135】

<第 6 実施形態>

第 6 実施形態は、接合装置について、第 1 実施形態とは異なる実施形態である。具体的には、図 1 2 に示すように、第 6 実施形態に係る接合装置 B では、ロボット 2 の手首に、ワーク W を保持するハンドリングツール 7 が取り付けられている。一方、接合ガン 1 は、上記ロボット 2 とは別に設置された架台 8 に取り付けられている。

【0136】



上記ロボット2は、分岐ボックス35を介してハーネス31により制御盤3に接続されている。また、接合ガン1は、ハーネス33により互いに接続された中継ボックス34を介して、上記分岐ボックス35及び制御盤3に対しハーネス32、36により接続されている。

#### 【0137】

この接合装置BによってワークWの接合を行う場合は、ハンドリングツール7でワークWを保持し、この保持したワークWに設定された所定の接合位置を、上記ロボット2によって、定置された接合ガン1の第1及び第2ツール4、5の間に位置づける。そして、上記接合ガン1によって、上述したように、ワークWの接合を行う。

#### 【0138】

この接合装置Bにおいては、ワークWを、ロボット2で位置づけることから、接合位置の精度は、上記第1実施形態に係る接合装置Aに比べて低下する。このため、例えば、ワークWに複数の接合位置が設定されている場合、この複数の接合位置の中で、高い位置精度を要する仮接合の接合位置は、上記第1実施形態に係る接合装置Aによって接合を行い、位置精度が比較的低くてもよい増接合の接合位置は、第6実施形態に係る接合装置Bによって接合を行うようにすればよい。

#### 【0139】

##### <他の実施形態>

尚、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形態を包含するものである。すなわち、上記実施形態では、ワークWを接合する際に、第1ツール4を回転させる一方、第2ツール5を回転させないようにしているが、第1及び第2ツール4、5の双方を回転させるようにしてもよい。

#### 【0140】

また、上記実施形態では、ワークWとして、2つの板材W1、W2を厚み方向に重ねたものを接合するようにしているが、本発明は、3以上の複数の板材を重ねたものを接合することも可能であり、3以上の板材からなるワークの接合を行うようにしてもよい。

#### 【0141】

##### 【実施例】

次に、本発明に係る接合方法について、具体的に実施した実施例について説明する。

#### 【0142】

まず、本発明に係る接合方法（実施例）と、従来の接合方法（比較例）とのそれぞれの方法により、互いに異なる材料の板材からなるワークWの接合を行った。具体的には、5000系のアルミニウム合金の板材（板厚1.0mm）と、6000系のアルミニウム合金の板材（板厚2.0mm）との接合を行った。

#### 【0143】

尚、実施例では、図3に示す接合ツール6を用いて、ワークWの接合を行った。これに対し、比較例では、ピンのみが形成された（凹溝は形成されていない）第1ツールと、先端面が平坦な（窪み及び凸部が形成されていない）第2ツールとからなる接合ツールを用いて、ワークWの接合を行った。

#### 【0144】

図13はその結果を示しており、比較例においては、接合時間を長くしても、接合強度はほとんど上がらず、また、その接合強度自体も1.00kN程度であった。つまり、比較例では、十分な接合強度が得られなかった。これに対し、実施例においては、接合時間を長くすると接合強度が次第に増加し、約2.50kN程度の、十分な接合強度を得ることができた。

#### 【0145】

次に、本発明に係る接合方法（実施例）と、従来の接合方法（比較例）とのそれぞれの方法により、板厚の比較的分厚い板材からなるワークWの接合を行った。具体的には、板厚2.0mmの板材（6000系のアルミニウム合金）と、板厚1.6mmの板材（6000系のアルミニウム合金）との接合を行った。

## 【 0 1 4 6 】

尚、このときも、実施例では、図 3 に示す接合ツール 6 を用いて、ワーク W の接合を行った。これに対し、比較例では、ピンのみが形成された第 1 ツールと、先端面が平坦な第 2 ツールとからなる接合ツールを用いて、ワーク W の接合を行った。

## 【 0 1 4 7 】

図 1 4 はその結果を示しており、比較例においては、接合時間を長くすれば、接合強度は次第に上がり、最大で 2 . 0 0 k N 程度の接合強度が得られた。これに対し、実施例においては、同じ接合時間でも、比較例よりも高い接合強度が得られた。また、実施例においては、約 3 . 7 0 k N 程度の、極めて大きい接合強度を得ることができた。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 図 1 】

第 1 実施形態に係る接合装置の概略構成を示す図である。

## 【 図 2 】

接合ガンの概略構成を示す図である。

## 【 図 3 】

第 1 実施形態に係る接合ツールの先端部分を示す断面図である。

## 【 図 4 】

第 1 実施形態に係る接合ツールを模式的に示す図である。

## 【 図 5 】

第 1 実施形態に係る接合ツールを用いて接合を行った場合のワークの状態を示す説明図である。

## 【 図 6 】

第 1 実施形態の変形例 1 に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 7 】

第 1 実施形態の変形例 2 に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 8 】

第 2 実施形態に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 9 】

第 3 実施形態に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 1 0 】

第 4 実施形態に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 1 1 】

第 5 実施形態に係る接合ツールを示す図である。

## 【 図 1 2 】

第 6 実施形態に係る接合装置の概略構成を示す図である。

## 【 図 1 3 】

互いに異なる材料の板材からなるワークの接合を行った場合の、接合時間に対する接合強度の実験結果を示す図である。

## 【 図 1 4 】

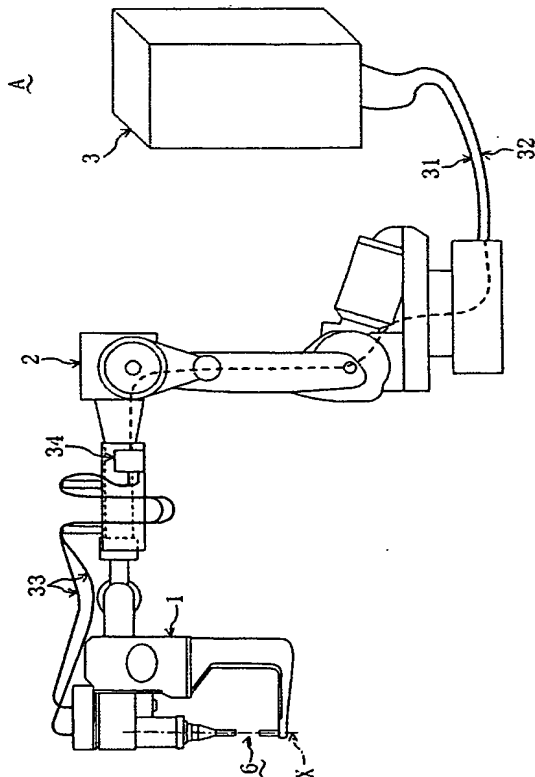
板厚の分厚い板材からなるワークの接合を行った場合の、接合時間に対する接合強度の実験結果を示す図である。

## 【 符号の説明 】

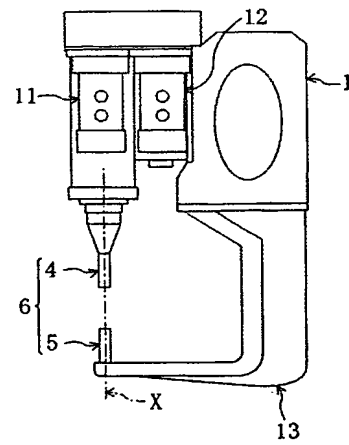
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 4 , 4 a ~ 4 d | 第 1 ツール         |
| 4 1           | 大径部             |
| 4 2           | 小径部             |
| 4 3           | 先端面 ( 第 1 ツール ) |
| 4 4           | ピン              |
| 4 5           | 凹溝              |
| 5 , 5 a , 5 b | 第 2 ツール         |
| 5 1           | 窪み              |

5 2                    凸 部  
 5 3                    先 端 面 ( 第 2 ツ ー ル )  
 6 , 6 1 ~ 6 6        接 合 ツ ー ル  
 W                      ワ ー ク  
 W 1 , W 2            板 材  
 W 3                    重 ね 面  
 X                      接 合

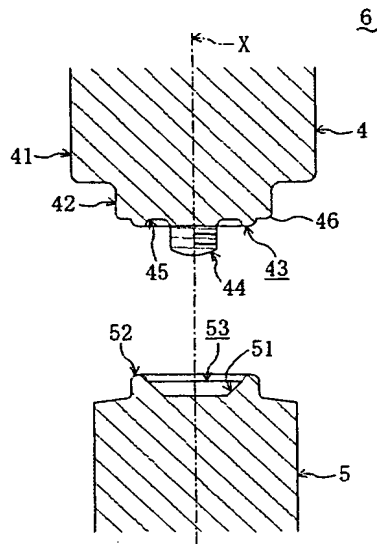
【 図 1 】



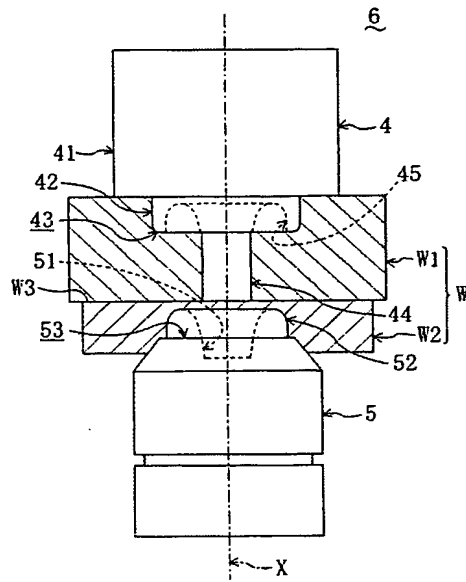
【 図 2 】



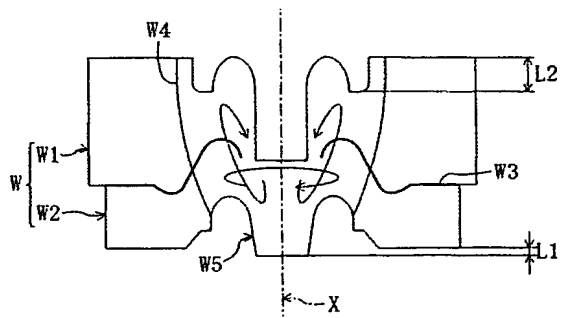
【図3】



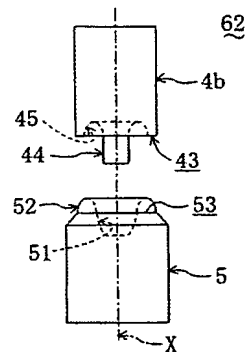
【図4】



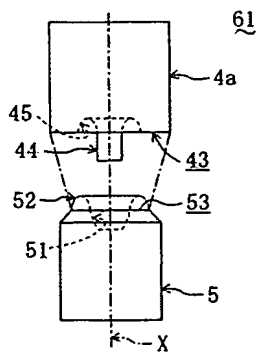
【図5】



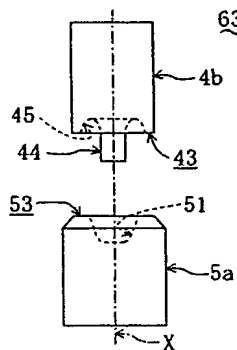
【図7】



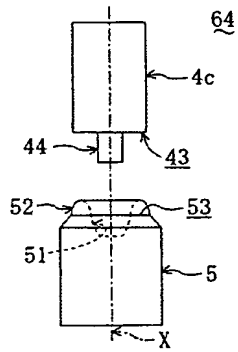
【図6】



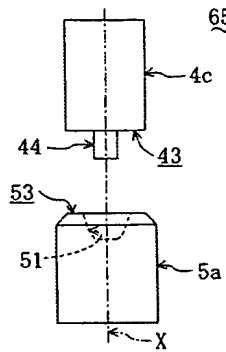
【図8】



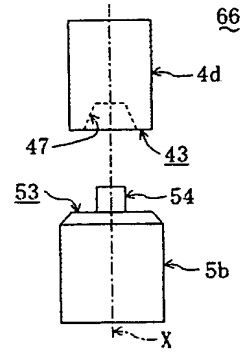
【図 9】



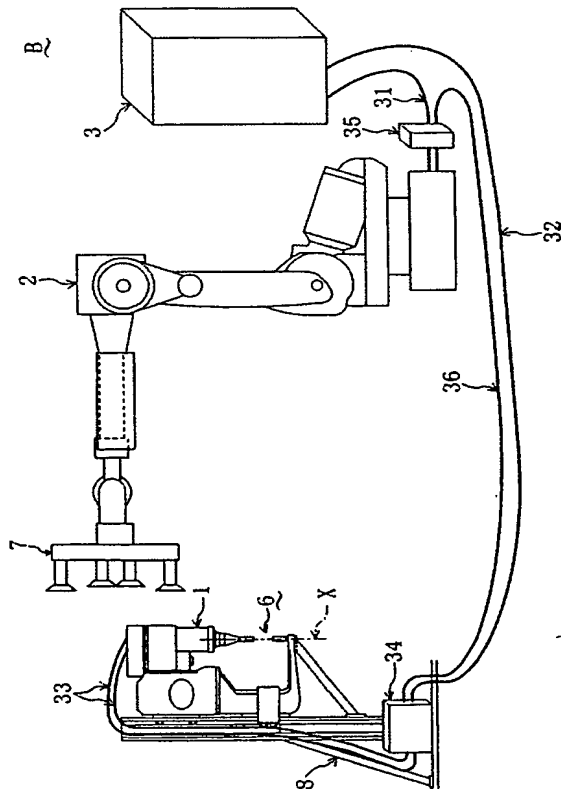
【図 10】



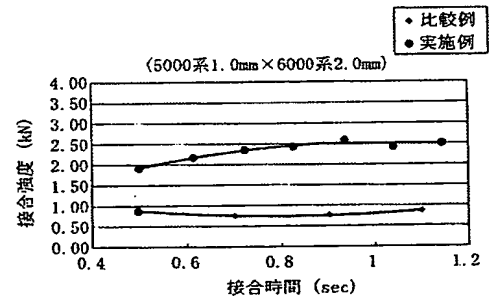
【図 11】



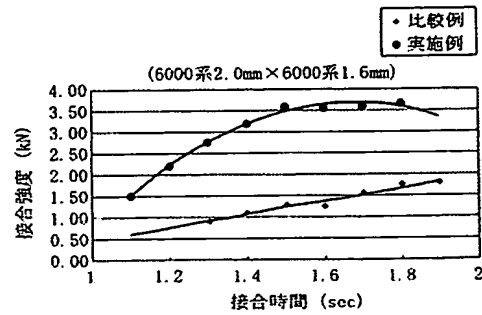
【図 12】



【図 13】



【図 14】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100115510

弁理士 手島 勝

(74)代理人 100115691

弁理士 藤田 篤史

(72)発明者 村上 士嘉

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

Fターム(参考) 4E067 AA05 BG00 CA01 DA17 DC07 EC03